

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-161856

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl.

F04B 39/00

F04C 18/02

F04C 29/00

(21)Application number : 2000-361300

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 28.11.2000

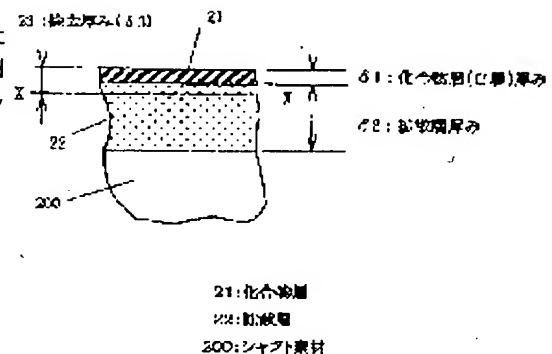
(72)Inventor : SHINTAKU HIDENOBU
NISHIWAKI FUMITOSHI
MATSUO MITSU HARU
FUKUHARA HIROYUKI
OKA HIDETO

(54) SHAFT AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the wear of a shaft occurring when HFCs refrigerant containing no chlorine and having scarce resistance characteristic against wear or natural refrigerant such as high use pressure CO₂ is used and the shaft is operated at a high load.

SOLUTION: This shaft is used in a hermetic compressor provided with at least a sealed vessel, an electric motor provided in the sealed vessel and having a stator and a rotor, and a compression mechanism part driven by a power from the electric motor to transmit the power to the compression mechanism part from the electric motor. A surface layer of a slide face of the shaft is formed by a diffusion layer thickness 22 including no part having a thickness exceeding a thickness 21 of a layer of a compound with at least nitrogen.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-161856

(P2002-161856A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)	
F 0 4 B 39/00	1 0 3	F 0 4 B 39/00	1 0 3 A	3 H 0 0 3
			A	3 H 0 2 9
F 0 4 C 18/02	3 1 1	F 0 4 C 18/02	3 1 1 P	3 H 0 3 9
29/00		29/00	U	
			D	
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 10 頁)				

(21) 出願番号 特願2000-361300(P2000-361300)

(22) 出願日 平成12年11月28日 (2000. 11. 28)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 新宅 秀信

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 西脇 文俊

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100092794

弁理士 松田 正道

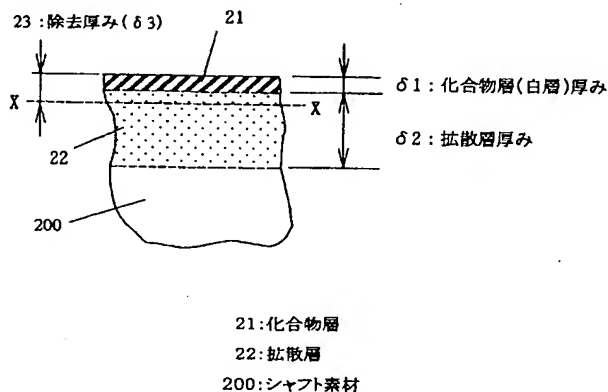
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シャフトおよびシャフトの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 塩素を含まず耐摩耗特性の乏しいH F C s冷媒あるいは使用圧力が高いC O₂などの自然冷媒を用いた場合や、高負荷で運転した場合等で生じていたシャフトの摩耗を低減する。

【解決手段】 密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部と少なくとも備えた密閉型圧縮機に用いられる、前記電動機から前記圧縮機構部へ動力を伝達するためのシャフトであって、前記シャフトの摺動面の表面層は、少なくとも窒素との化合物層の厚み21以上の部分を含まない、拡散層厚み22から形成されていることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部とを少なくとも備えた密閉型圧縮機に用いられる、前記電動機から前記圧縮機構部へ動力を伝達するためのシャフトであって、前記シャフトの摺動面の表面層は、少なくとも窒素との化合物層の厚み以上の部分を含まない、窒化処理された部分から形成されていることを特徴とするシャフト。

【請求項2】 前記表面層は、前記窒化処理が行われる前に、酸化皮膜が除去されていることを特徴とする請求項1に記載のシャフト。

【請求項3】 前記表面層の硬度はHv1000以上であることを特徴とする請求項1または2に記載のシャフト。

【請求項4】 Al、Cr、V、Mo、Ti、Siの内、少なくとも一つの成分を0.2%以上含み、縦弾性係数が190GPa以上の材料で製作されたことを特徴とする請求項3に記載のシャフト。

【請求項5】 Alを0.70%~1.30%、Crを1.00%~1.80%、Moを0.10%~0.5を含む窒化用鋼で製作されたことを特徴とする請求項4に記載のシャフト。

【請求項6】 Crを11.50%~18.00%含むマルテンサイト系ステンレス鋼で製作されたことを特徴とする請求項4に記載のシャフト。

【請求項7】 Crを15.00%~18.00%含む析出硬化系ステンレス鋼で製作されたことを特徴とする請求項4に記載のシャフト。

【請求項8】 Crを2.00%~15.00%含む金型用合金工具鋼で製作されたことを特徴とする請求項4に記載のシャフト。

【請求項9】 密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部とを少なくとも備えた密閉型圧縮機が有する、前記電動機から前記圧縮機構部へ動力を伝達するためのシャフトの製造方法であって、前記シャフトの摺動面の表面層を窒化する窒化処理工程と、前記窒化処理工程後の表面から、少なくとも窒素との化合物層の厚み以上の部分を除去して窒化層表面を得る仕上加工工程とを備えたことを特徴とするシャフトの製造方法。

【請求項10】 前記窒化処理工程の前に、前記シャフトの摺動面の表面層の酸化皮膜を除去する酸化皮膜除去工程を更に備えたことを特徴とする請求項9に記載のシャフトの製造方法。

【請求項11】 前記窒化層表面の硬度がHv1000以上であることを特徴とする請求項9または10に記載

のシャフトの製造方法。

【請求項12】 前記シャフトの材料として、Al、Cr、V、Mo、Ti、Siの内少なくとも一つの成分を0.2%以上含み、縦弾性係数が190GPa以上の材料を用いたことを特徴とする請求項11に記載のシャフトの製造方法。

【請求項13】 前記シャフトの材料として、Alを0.70%~1.30%、Crを1.00%~1.80%、Moを0.10%~0.5を含む窒化用鋼を用いたことを特徴とする請求項12に記載のシャフトの製造方法。

【請求項14】 前記シャフトの材料として、Crを11.50%~18.00%含むマルテンサイト系ステンレス鋼を用いたことを特徴とする請求項12に記載のシャフトの製造方法。

【請求項15】 前記シャフトの材料として、Crを15.00%~18.00%含む析出硬化系ステンレス鋼を用いたことを特徴とする請求項12に記載のシャフトの製造方法。

【請求項16】 前記シャフトの材料として、Crを2.00%~15.00%含む金型用合金工具鋼を用いたことを特徴とする請求項12に記載のシャフトの製造方法。

【請求項17】 請求項1から8のいずれかに記載のシャフトと、密閉容器と、

前記密閉容器内に設けられた、電動機と、前記電動機により駆動される圧縮機構部とを少なくとも備え、前記シャフトは前記電動機の動力を前記圧縮機構部へ伝達することを特徴とする密閉型圧縮機。

【請求項18】 前記圧縮機構部は、スクロール型であることを特徴とする請求項17に記載の密閉型圧縮機。

【請求項19】 HFC、HC、二酸化炭素のいずれかを主成分とする冷媒を用いたことを特徴とする請求項18に記載の密閉型圧縮機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、冷凍空調機器等に用いられる密閉型圧縮機とそのシャフトおよび製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 冷凍空調用の密閉型電動圧縮機としては、圧縮機構の方式がレシプロ式、ローリングピストン式およびスクロール式のものがあり、いずれの方法も家庭用、業務用の冷凍空調分野で使用されている。いずれの方式の圧縮機も圧縮機構部を駆動するシャフトと、他にいくつかの摺動部品で構成されている。ここでは、空調機用のスクロール圧縮機を例にとり、従来の技術を説明する。

【0003】 図6に従来のスクロール圧縮機の縦断面図

を示す。密閉容器1の内部には、固定スクロール2aと可動スクロール3とから構成された圧縮機構部2、固定スクロール2aに対して可動スクロール3をオルダム継手4を介して旋回運動させるシャフト5と、固定スクロール2aを固定されシャフト5を回転自在に支持する軸受部材6を設けている。

【0004】シャフト5には電動機7の回転子7aが取り付けられており、密閉容器1に焼き嵌め固定された固定子7bとともに軸受部材6の下部に配設されている。ジャーナル軸受6aは軸受部材6に環状の主軸側ブッシュ材8aを圧入することにより形成されており、シャフト5に作用する径方向の力を支えている。また、可動スクロール3に設けられたジャーナル軸受である偏心軸受3aも環状の偏心軸側ブッシュ材8bを圧入することにより形成されており、シャフト5の偏心軸部5aに作用する径方向の力を支えている。

【0005】密閉容器1の下方底部には潤滑油9を貯溜する油溜め10が設けられており、シャフト5の貫通穴13の下端より油溜め10の潤滑油9をシャフト5の回転に伴いオイルポンプ17で吸い上げ、ジャーナル軸受6a、偏心軸受3a、および各摺動面へ供給する。また、密閉容器1の外部には、冷媒ガスの吸入管11と、吐出管16が設けられている。

【0006】次に、以上のような構成を有する従来のスクロール圧縮機における、冷媒ガスの圧縮サイクルを説明する。空調機の熱交換器（図示せず）などを循環してきた低圧の冷媒ガスは吸入管11より圧縮機構部2に吸入される。

【0007】吸入された冷媒ガスは、固定スクロール2aと可動スクロール3との間に形成された三日月状の圧縮空間（図示せず）に入り、可動スクロール3の旋回運動により三日月状の圧縮空間が外側から中央に向かって次第に縮小することで、冷媒ガスは圧縮され吐出孔12より吐出される。

【0008】圧縮されたガスは高圧ガスとなり、一旦密閉容器1内の固定スクロール2aの上方の吐出空間1aへ吐出され、ガス通路14を通じ、電動機7が収容された下部空間1bに流れ、先のガス通路14とは別に設けられたガス通路15を通じ、上方の空間に流れ、吐出管16より、外部の図示しない熱交換器などの空調システムへ吐出される。そして、高圧ガスは該空調システムにおいて空調機の熱交換器などを循環し、再び吸入管11より圧縮機に戻る周知の圧縮サイクルを構成する。

【0009】次に、従来のスクロール圧縮機における、各摺動部へ潤滑油9を供給する潤滑油の循環サイクルを説明する。油溜め10からオイルポンプ17で吸い上げられた潤滑油9は、シャフト5の貫通穴13の中を上昇し、偏心軸受3a、ジャーナル軸受6aおよび各摺動部を潤滑、冷却して、ジャーナル軸受6aの下部の油排出口から固定子7b上部へ排出され、固定子7bの通路1

8を通して油だめ10に戻る潤滑油の循環サイクルを形成している。

【0010】また、図7は、上記従来のシャフト5の製作工程を示したものである。シャフト5を製作するのに用いられるシャフト素材700には、内部応力の緩和や組織調整のため熱処理したネズミ鋳鉄材またはS45Cを用いている。

【0011】前仕上加工工程701では、そのシャフト素材700を仕上前の形状（表面の研削または研磨代分を残す）まで加工し、加工油等の付着物を洗浄除去する。

【0012】その後、高周波焼入工程702で、シャフト5のジャーナル部（ジャーナル軸受6aと、偏心軸受3aに対応するシャフト部分）の表面となる部分に高周波焼入による表面硬化処理を行う。そして、仕上加工工程703に移し、ジャーナル部の表面となる部分を、研削や研磨加工より設計どおりの寸法と表面粗さに仕上げて完成することにより、シャフト5が得られる。以上の製作工程により得られたシャフト5のジャーナル部の表面硬度は約Hv400～600である。

【0013】一方、軸受部材6にはネズミ鋳鉄材を用い、ジャーナル軸受6aの環状のブッシュ材8aには、裏金付き樹脂複合軸受材を用いている。その裏金付き樹脂複合軸受材は、板厚1.3～1.8mm程度の鋼板を裏金に用い、その鋼板上面に樹脂複合層を形成したもので、この樹脂複合層には銅合金、アルミニウム合金、鉛基ホワイトメタルや、カーボンなどの硬質物質が樹脂層に分散して含有されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の構成では、圧縮室内のガス圧力や慣性力等のため旋回スクロールには径方向の荷重が作用する。この荷重は、その作用する方向がシャフト5の回転とほぼ同じ方向に回転し、偏心軸受3aから偏心軸部5aへ、そしてシャフト5を介してジャーナル軸受6aで支持される。すなわち、シャフト5は回転時、外周面のほぼ同じ部分を、ガス圧縮等により発生する非常に大きな荷重で、ジャーナル軸受6aの内周面に押し付けられながら摺動される。

【0015】したがって、過酷な運転条件や従来フロンHCFCの代替用冷媒ガス（HFC410A、CO₂等）での高差圧の運転条件においては、ガス圧縮により過大な荷重が発生しジャーナル軸受6aとシャフト5の間で潤滑油膜が非常に薄くなり、部分的に接触する混合潤滑状態となる。この混合潤滑状態が続いた場合には、軸受の樹脂複合層に含まれる硬質物質により、シャフト5のジャーナル部表面の焼入されている硬化層に摩耗が発生する課題が生じていた。

【0016】また、摺動損失が大きく、効率が低下するという課題も生じていた。

【0017】本発明はこのような従来の課題を解決する

ものであり、耐摩耗性が高く、摺動損失が低いシャフトを安価に実現すると共に、それを用いた信頼性、効率が低い密閉型圧縮機を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、第1の本発明（請求項1に対応）は、密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部とを少なくとも備えた密閉型圧縮機に用いられる、前記電動機から前記圧縮機構部へ動力を伝達するためのシャフトであって、前記シャフトの摺動面の表面層は、少なくとも窒素との化合物層の厚み以上の部分を含まない、窒素処理された部分から形成されていることを特徴とするシャフトである。

【0019】また、第2の本発明（請求項2に対応）は、前記表面層は、前記窒素処理が行われる前に、酸化皮膜が除去されていることを特徴とする上記本発明である。

【0020】また、第3の本発明（請求項3に対応）は、前記表面層の硬度はHv1000以上であることを特徴とする上記本発明である。

【0021】また、第4の本発明（請求項4に対応）は、Al、Cr、V、Mo、Ti、Siの内少なくとも一つの成分を0.2%以上含み、縦弾性係数が190GPa以上の材料で製作されたことを特徴とする上記本発明である。

【0022】また、第5の本発明（請求項5に対応）は、Alを0.70%～1.30%、Crを1.00%～1.80%、Moを0.10%～0.5を含む窒素用鋼で製作されたことを特徴とする上記本発明である。

【0023】また、第6の本発明（請求項6に対応）は、Crを11.50%～18.00%含むマルテンサイト系ステンレス鋼で製作されたことを特徴とする上記本発明である。

【0024】また、第7の本発明（請求項7に対応）は、Crを15.00%～18.00%含む析出硬化系ステンレス鋼で製作されたことを特徴とする上記本発明である。

【0025】また、第8の本発明（請求項8に対応）は、Crを2.00%～15.00%含む金型用合金工具鋼で製作されたことを特徴とする上記本発明である。

【0026】また、第9の本発明（請求項9に対応）は、密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部とを少なくとも備えた密閉型圧縮機が有する、前記電動機から前記圧縮機構部へ動力を伝達するためのシャフトの製造方法であって、前記シャフトの摺動面の表面層を窒素する窒素処理工程と、前記窒素処理工程後の表面から、少なくとも窒素との化合物層の厚み以上の部分を除去して窒素層表面を得る仕上加工

工程とを備えたことを特徴とするシャフトの製造方法である。

【0027】また、第10の本発明（請求項10に対応）は、前記窒素処理工程の前に、前記シャフトの摺動面の表面層の酸化皮膜を除去する酸化皮膜除去工程を更に備えたことを特徴とする上記本発明である。

【0028】また、第11の本発明（請求項11に対応）は、前記窒素層表面の硬度がHv1000以上であることを特徴とする上記本発明である。

10 【0029】また、第12の本発明（請求項12に対応）は、前記シャフトの材料として、Al、Cr、V、Mo、Ti、Siの内少なくとも一つの成分を0.2%以上含み、縦弾性係数が190GPa以上の材料を用いたことを特徴とする上記本発明である。

【0030】また、第12の本発明（請求項12に対応）は、前記シャフトの材料として、Alを0.70%～1.30%、Crを1.00%～1.80%、Moを0.10%～0.5を含む窒素用鋼を用いたことを特徴とする上記本発明である。

20 【0031】また、第13の本発明（請求項13に対応）は、前記シャフトの材料として、Crを11.50%～18.00%含むマルテンサイト系ステンレス鋼を用いたことを特徴とする上記本発明である。

【0032】また、第14の本発明（請求項14に対応）は、前記シャフトの材料として、Crを15.00%～18.00%含む析出硬化系ステンレス鋼を用いたことを特徴とする上記本発明である。

30 【0033】また、第15の本発明（請求項15に対応）は、前記シャフトの材料として、Crを2.00%～15.00%含む金型用合金工具鋼を用いたことを特徴とする上記本発明である。

【0034】また、第16の本発明（請求項16に対応）は、第1から第7のいずれかの本発明のシャフトと、密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、電動機と、前記電動機により駆動される圧縮機構部とを少なくとも備え、前記シャフトは前記電動機の動力を前記圧縮機構部へ伝達することを特徴とする密閉型圧縮機である。

40 【0035】また、第17の本発明（請求項17に対応）は、前記圧縮機構部は、スクロール型であることを特徴とする上記本発明である。

【0036】また、第18の本発明（請求項18に対応）は、HFC、HC、二酸化炭素のいずれかを主成分とする冷媒を用いたことを特徴とする上記本発明である。

【0037】

50 【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。尚、本発明の一実施の形態で用いたスクロール圧縮機の構成において、図6で説明した従来の技術の例と同一機能部品については同

番号を使用し、同一の構成および作用の説明は省く。

【0038】（実施の形態1）本発明の実施の形態1について、図1～図4を用いて説明する。図1は本発明の密閉型圧縮機用シャフトの表面近傍の断面図、図2はシャフト製作工程図、図3は窒化処理工程後のシャフト断面の硬度分布、および図4はシャフト材料の説明に用いた図である。

【0039】本実施の形態と従来例との大きな違いは、シャフトの表面硬度、実現する材料および製作工程の三点である。まず、本発明の実施の形態によるシャフトの製作方法について、図2に示す製作工程1に従い説明する。

【0040】シャフト素材200としては、内部応力の緩和や組織調整のため、熱処理した窒化用鋼SACM645（JIS規格に基づく）を用いた。

【0041】前仕上加工工程201では、そのシャフト素材200を仕上前の形状（表面の研削または研磨代分を残す）に加工し、加工油等の付着物を洗浄除去する。その後、シャフト素材200を窒化処理工程に移す。

【0042】窒化処理工程202は、雰囲気ガスの温度と圧力を制御できる窒化処理炉に、シャフト素材200を入れて行う。雰囲気ガスは、窒素に所定濃度のアンモニア等の窒化用ガス（または、炭化水素ガスを加えた浸炭窒化用ガス等）を加えた混合ガスを用いて、雰囲気ガスを所定温度（300℃～550℃の間で、例えば500℃）に加熱し、シャフトを所定時間（例えば60時間）加熱保持する。

【0043】加熱されたシャフト素材200の表面のFe、Crなど、アンモニアガスから解離した窒素原子が反応し、シャフト素材200の表面には、それらの窒素化合物からなる化合物層（例えば約10～100μm）が形成されるとともに、シャフト素材200の深部までに窒素が拡散し、化合物層の下に深い拡散層（例え

*ば約10～500μm）が形成される。

【0044】図1は、窒化処理工程後のシャフト素材200のジャーナル部となる部分の表面近傍の断面図である。表面層は厚みδ1の窒素との化合物層（顕微鏡で見ると白っぽくみえるので白層と呼ばれる）21に覆われ、その下層に厚みδ2の窒素の拡散層22が形成されている。

【0045】また、図3は図1に示すシャフト素材200の断面の硬度分布の一例を示したものである。図に示すように、化合物層21の硬度はHv1000を越えているが極表面層部分で一旦減少している。これは、化合物層21が、硬い部分ともろい部分が混在したポーラスな組織となっているため、窒化時の温度が高温域（例えば450℃以上）の場合に見られるものである。

【0046】このような化合物層21は、硬度が不安定である。また、窒化処理後のシャフト素材200には、窒化処理工程202において、窒化処理時の温度や窒化の影響で歪や曲がりや若干生じている。

【0047】次に、シャフト素材200を仕上加工工程203に移す。仕上加工工程203では、シャフト5の表面層の硬度が不安定な化合物層21の除去と、曲がり等を除去するため、窒化後の表面から図1に示すX-Xの線まで厚みδ3の除去厚み23を、研削や研磨などで除去加工するとともに、ジャーナル部となる部分の表面を、設計どおりの寸法と表面粗さに仕上げ、シャフト素材200からシャフト5を完成する。ここで重要なことは、完成後のシャフトの表面の硬度である。

【0048】表1に、上記方法と従来の方法で、異なる材料にて製作したシャフト5の表面硬度と、各々を圧縮機の苛酷試験条件で運転した後のシャフトの摩耗量とを示す。

【0049】

【表1】

No.	材料名	表面硬度	摩耗量	備考
1)	S45C	613	16	焼入(従来工程)
2)	SCM415	824	10	焼入(従来工程)
3)	S45C	804	9	窒化(工程1)
4)	SACM645	1077	0.5	窒化(工程1)

表1中の、従来の方法で製作した、No. 1の高周波焼入したS45C材のシャフトおよび、No. 2の浸炭高周波焼入したSCM415材のシャフトの表面硬度、摩耗量をそれぞれ参照すると、各々の表面硬度はHv613、Hv824であり、摩耗量が大きい。

【0050】次に、実施の形態1によるシャフトの製造方法により製作したNo. 3のS45C材のシャフトの場合は、表面硬度はHv804であり、従来の方法によるものより硬度は向上しているが、摩耗量は大きい。

【0051】これに対し、実施の形態1によるシャフトの製造方法により製作したNo. 4のSACM645材

のシャフトの場合、表面硬度がHv1000以上のHv1077を得ているとともに、摩耗量は、なじみ程度に小さく、耐摩耗性が向上している。

【0052】このように、密閉型圧縮機に用いるシャフトの表面部の摩耗の抑制には、表面硬度をHv1000以上にすることが有効である。

【0053】図1と図3で、シャフト5の表面硬度をHv1000以上とする加工例を説明する。図3に示す断面硬度分布の場合、窒素の化合物層21の厚みδ1は約30μm、窒素の拡散層22の厚みδ2は約400μmとなっており、除去厚み23の厚み分δ3を約100μ

として除去する。仕上加工工程203後のシャフト5の表面は図1及び図3に示すX-Xの部分表面となり、その表面硬度はHv1000（図3のX-X部の硬度参照）を越えるシャフト5が実現できる。

【0054】したがって、本実施の形態により製作したシャフトは、その材料によって表面硬度をHv1000以上にできるため、密閉型圧縮機を運転する際に生ずる磨耗を抑制することができる。

【0055】また、窒化処理工程により生じた化合物層を含む表面を除去加工することで、表面での硬度分布が少なく、曲がりのないシャフト5が作成される。このシャフト5を密閉型のスクロール圧縮機に用いることで、シャフト5の磨耗を抑制できるため、圧縮機の信頼性を向上でき、また、ジャーナル軸受での損失を減少できるため、圧縮機の効率の向上も実現できる。

【0056】次に、本実施の形態のシャフト5（シャフト素材200）の材料について説明する。

【0057】上述した表1の実施例No. 3であるSACM645のような窒化鋼が窒化されやすいのは、SACM645材に含まれるAl、Cr、Moが、硬度の高

い窒素化合物を形成し易いためである。

【0058】ここで図4は窒化化合物を形成しやすい元素の量と硬さの関係（潤滑ハンドブック、P546、1987、養賢堂）を示すものである。Al、Crの影響は非常に大きく、Mo、V、Mn、Siも表面硬度向上へ比較的大きい影響を与えることがわかる。また、図4には示されていないが、Tiも同様の影響を与える

（例えば「鋼の熱処理 改訂5版」 P97 昭和45*

No.	Al [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	Si [%]	Mn [%]
5)	0.7~1.3	1.2~1.5	-	-	0.1~0.35	0.4~0.9
6)	-	2.9~3.5	0.4~0.7	-	0.1~0.35	0.4~0.65
7)	-	2.3~3.5	0.15~1.2	0.1~0.3	0.1~0.45	0.4~0.8

また、上記専用の窒化用鋼でなくても、図4の観点からCrが多く含まれる合金鋼、例えば、Crを2.00%~15.00%含む金型用合金工具鋼、Crを11.50%~18.00%含むマルテンサイト系及び15.00%~18.00%含む析出硬化ステンレス鋼などでも、窒化条件により硬い化合物層を形成でき、表面硬度Hv1000以上のシャフトを製作することができる。これらの材料は比較的入手のしやすいという利点があるが、コストと窒化の容易性については、先の窒化用鋼の方が有利である。

【0064】尚、以上に示したシャフト5の材料は、窒素と化合物を形成しやすいAl、Cr、V、Mo、Ti、Siの内少なくとも一つの成分を0.2%以上含むもので、さらに、Cを0.1~0.45%含む縦弾性係数が190GPa以上を有する合金鋼である。

【0065】このように縦弾性係数が鋳鉄材などより高

*年10月1日発行、昭和49年6月25日第2版発行
編者 社団法人日本鉄鋼協会 発行所 丸善株式会社、を参照）。

【0059】しかし、これらの元素をほとんど含まないS45C等の炭素鋼のシャフトを窒化処理しても、その表面硬度は、表1のNo. 3のように、Hv1000以上にできなかった。

【0060】これに対し、先のAl、Cr、Mo、V、Mn、Si、Tiなどの元素を含む合金では、窒化処理することによりHv1000以上が可能である。

【0061】窒化の容易性や、生産性などから、ドイツ、イギリスなどの海外でも表2、表3に示すような組成の窒化用鋼が生産されており、これらの窒化用鋼を用い最適な窒化条件を選定することで、表面硬度Hv1000以上のシャフトを製作することができる。尚、上記実施例No. 3に用いたSACM645の元素組成は、表3の中のNo. 1に含まれている。

【0062】

【表2】

No.	Al [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	Si [%]
1)	0.7~1.3	1.0~1.8	0.1~0.5	-	0.1~0.45
2)	0.25~0.35	1.2~1.7	0.25~0.35	-	0.1~0.45
3)	-	2.2~2.5	-	0.1~0.2	0.1~0.45
4)	0.8~1.2	1.0~1.5	0.15~1.35	-	0.1~0.45

【0063】

【表3】

い190GPa以上の材料で表面硬度がHv1000以上のシャフト5を製作して、密閉型圧縮機に用いることで、過酷な運転条件等でもシャフト5に生じるたわみを小さくでき、偏心軸受3aおよびジャーナル軸受け6aでの片当たりなどによる摺動条件の劣化を防止でき磨耗をより防止できるため、信頼性を向上するとともに、それら軸受けでの損失を低減する事ができる。

【0066】本実施の形態により、過酷な運転条件等で従来生じていたシャフト5の表面の磨耗を防止でき、摺動損失を低減できることが可能となり、そのシャフトを用いることで信頼性と効率の高いスクロール圧縮機を実現できる。

【0067】（実施の形態2）次に、本発明の実施の形態2を、図3及び5を用いて説明する。図3は本発明の実施の形態2におけるシャフトの断面硬度分布、図5は本実施の形態のシャフトの製作工程図である。

【0068】実施の形態1との違いは、図5に示す工程仕様2のように、シャフト5の製作工程で窒化処理工程202の前に、酸化皮膜除去工程501を追加した点である。この工程を追加した目的は、実施の形態1での窒化処理工程202をふくめた製作工程に要する時間の短縮と、コストの低減である。

【0069】そのシャフトの製作方法について、図5に示す製作工程に従い説明する。ただし、酸化皮膜除去工程501の追加を除き、他の工程は実施の形態1と同様である。

【0070】実施の形態1同様に、シャフト素材200としては熱処理した窒化鋼SACM645を用い、同様に前仕上加工工程201では、シャフト素材200を加工し洗浄除去する。その後、シャフト素材200を酸化皮膜除去工程501に移す。

【0071】酸化皮膜除去工程501は、シャフト素材200を雰囲気温度と圧力を制御できる雰囲気炉内に入れて行う。雰囲気ガスは、窒素ガスに NF_3 、または CF_4 、 HF 、 SF_6 、 F_2 のうち1つ以上の活性ガスを所定濃度（例えば20000～80000ppmの間で、例えば40000ppm）混合したガスを用い、所定温度（約250℃～約450℃間で、例えば400度）のガス雰囲気中でシャフト素材200を所定時間（数十分程度、例えば15分）加熱保持する。

【0072】加熱された状態で、雰囲気ガス中の活性な NF_3 が、シャフト素材200の表面近傍に形成されている酸化鉄や、酸化クロムなどの酸化皮膜と反応し、シャフト素材200の表面の酸化皮膜を FeF_2 、 FeF_3 や CrF_2 、 CrF_4 などのフッ化皮膜に置換して除去する。その後、シャフト素材200を加熱保持したまま、つづけて窒化処理工程202に移す。

【0073】窒化処理工程202は、酸化皮膜除去工程と同じ雰囲気炉中で、連続的に行う。シャフト素材200を引き続き所定の温度（約300℃～約600℃の間で、例えば500℃）に加熱保持したまま、酸化皮膜除去工程での雰囲気ガスから窒化処理用のアンモニア等を含む雰囲気ガス（実施の形態1同様）に切り換える。この際、窒化処理工程202での始めの段階には、雰囲気ガスに H_2 や H_2O などを微量に加え、シャフト素材200の表面に形成されたフッ化皮膜を水素により還元し除去し、シャフト素材200の表面に活性な金属素地の表面を露呈させる。

【0074】この加熱保持された活性な金属素地表面には、窒化を邪魔する酸化膜などがいないため、金属表面の Fe 、 Cr などが、アンモニアガスから解離した窒素原子と反応しやすい。したがって、実施の形態1の場合（例えば60時間）より短い時間（例えば約20時間）で、シャフト素材200の表面にそれらの窒素化合物からなる化合物層（約10～100 μm ）を形成するとともに、深部までに窒素が拡散し化合物層の下に深い拡散

層（約10～500 μm ）を形成することができる。また、図3中の曲線（製作工程2）に示すように、実施の形態1と同様の断面硬度分布を実現できる。

【0075】その後、実施の形態1同様に、仕上加工工程203を経て、シャフト素材200よりシャフト5を完成する。

【0076】上記方法で作成したシャフトは、表面硬度が、実施の形態1同様に $\text{Hv}1000$ 以上となり、過酷試験でも、なじみ程度の摩耗しか生じず、良好な耐摩耗性結果が得られた。

【0077】このように、実施の形態1で、例えば約70時間（昇温時間なども含めた窒化処理工程に要する時間）を、上記第2の実施例では、半分以下の例えば約30時間（酸化皮膜除去工程から窒化処理工程までに要する時間）にすることができる。また、酸化皮膜除去工程501と窒化処理工程202は炉を共有でき、連続的に行うことができるため、酸化皮膜除去工程501の追加による設備変更は少なくすむ。この処理工程の時間短縮などにより、生産性を向上でき、シャフトの低コスト化を実現できる。

【0078】したがって、実施の形態2によれば、実施の形態1同様に表面硬度 $\text{Hv}1000$ 以上で耐摩耗性が高く、表面の硬度分布が均一で、曲がりのないシャフト5が、実施の形態1より安価に実現できる。このシャフト5を密閉型のスクロール圧縮機に用いることで、その圧縮機においては、シャフトの磨耗を抑制できるため信頼性向上を安価に実現できるとともに、ジャーナル軸受での損失を減少できるため効率向上も安価に実現できる。

【0079】尚、酸化皮膜除去工程及び、窒化処理工程に要する時間や温度等の条件は、表面硬度 $\text{Hv}1000$ 以上のシャフトを得るためには、シャフトの材料と形状などによって適時かえる必要があり、上記実施の形態に記載の条件に制約されるものではない。

【0080】また、上記のシャフト5の材料には、実施の形態1と同様の材料を用いることができることは、言うまでもない。

【0081】また、上記すべての実施の形態において、スクロール圧縮機の場合で説明したが、本発明は、密閉容器と、前記密閉容器内に設けられた、固定子と回転子とを有する電動機と、前記電動機からの動力により駆動する圧縮機構部とを少なくとも備えたものであれば、レシプロ圧縮機およびロータリー圧縮機など、他の密閉型圧縮機のシャフトとして用いた場合でも、同様な効果が得られる。

【0082】また、上記すべての実施の形態において、窒化方法は雰囲気ガスにより行うものとして説明を行ったが、本発明における材料の窒化処理は、実施の形態に限らず、他のガス窒化法、ガス軟窒化法、塩浴窒化法、酸窒化法、浸硫窒化法等でも、表面硬度 $\text{Hv}1000$ 以

上の窒化化合物層を形成することで、上記のの実施の形態と同様に信頼性や効率を向上できることは言うまでもない。

【0083】尚、上記すべての実施の形態において、密閉型圧縮機に用いられる冷媒は、その種類によらず用いることができ、本発明のシャフトは、HFC134aやHFC410A、ハイドロカーボン（HC）等の塩素を含まない冷媒や、二酸化炭素、従来のHFC22などの冷媒を、冷凍及び空調サイクル装置などに用いた場合にも、信頼性や効率を向上できることは言うまでもない。

【0084】尚、上記すべての実施の形態において、密閉型圧縮機に用いられる冷凍機油はその種類によらず用いることができ、冷凍機油としてHFCs冷媒に対して相溶するエステル油もしくはエーテル油を用いた場合でも、上記の実施の形態の場合と同様に信頼性や効率を向上できることは言うまでもない。

【0085】尚、上記すべての実施の形態において、冷媒としてHC冷媒を、冷凍機油にはHC冷媒に対して溶解性の高い鉱油もしくはアルキルベンゼン油を用いた場合、冷凍機油の粘度低下が著しく、ジャーナル軸受の摺動条件が一層過酷となるが、本実施の形態のシャフトは、上記の条件下でも、耐摩耗性を向上させることが可能であり、高い信頼性を得ることができる。特に冷媒として二酸化炭素冷媒を用いた場合には、軸受に作用する荷重が非常に大きくなるためジャーナル軸受の摺動条件が一層過酷となるが、本実施の形態のシャフトによれば、信頼性や効率を向上できる。

【0086】尚、上記すべての実施の形態において、シャフトと摺動する軸受として、例えば、ブッシュ材にカーボンを用いた場合や、裏金を有する裏金付きメタル軸受材、あるいは鋳鉄軸受材を用いた場合でも、本発明のシャフトは、上記実施の形態と同様に信頼性や効率を向上できる。さらに、裏金付き樹脂複合軸受材が、裏金上に形成した多孔質焼結層中に樹脂層を含浸した層を形成したものであっても勿論良い。

【0087】以上のように、上記実施の形態によれば、シャフトのジャーナル部の表面層が、窒化処理工程後、その表面から少なくとも窒素との化合物層（白層）の厚み以上除去することにより、表面硬度Hv1000以上を有するとともに曲がりをなくすことできるため、耐摩

耗性が高く、摺動損失の少ないシャフトが実現できる。さらに、そのシャフトを用いることで密閉型圧縮機の信頼性と効率の向上を実現する事ができる。

【0088】また、上記実施の形態によれば、酸化皮膜除去工程を追加したことにより、窒化処理工程での処理時間を短縮できるため、信頼性及び効率の高い密閉型圧縮機およびそのシャフトを安価に実現できる。

【0089】また、上記実施の形態によれば、少なくとも窒素との化合物層（白層）を除去され、表面硬度Hv1000以上を有し、曲がりがなく、耐摩耗性が高く、摺動損失の少ないシャフトを用いることで密閉型圧縮機の信頼性と効率を向上する事ができる。

【0090】

【発明の効果】上記実施例から明らかなように、本発明によれば、耐摩耗性が高く、摺動損失の少ないシャフトおよびその製造方法が実現できる。

【0091】さらに、そのシャフトを用いることで密閉型圧縮機の信頼性と効率の向上を実現する事ができる。

【0092】また、本発明によれば、窒化処理に要する時間を短縮して、信頼性及び効率の向上したシャフトの製造方法を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1によるシャフトの表面近傍の断面図

【図2】本発明の実施の形態1によるシャフト製作工程図

【図3】本発明の実施の形態1における窒化処理工程後のシャフト素材の断面の硬さ分布を示す図

【図4】シャフト材料の説明図

【図5】本発明の実施の形態2によるシャフト製作工程図

【図6】従来例のスクロール圧縮機の縦断面図

【図7】従来例のシャフト製作工程図

【符号の説明】

5 シャフト

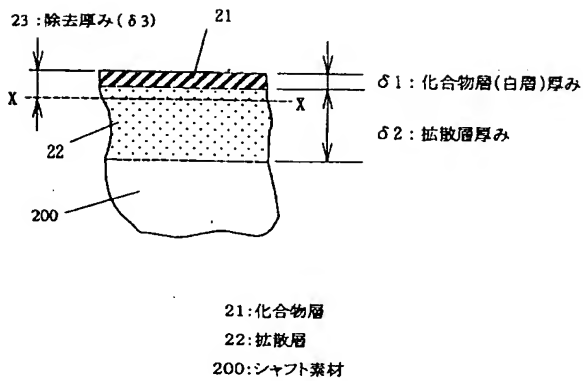
21 化合物層

22 拡散層

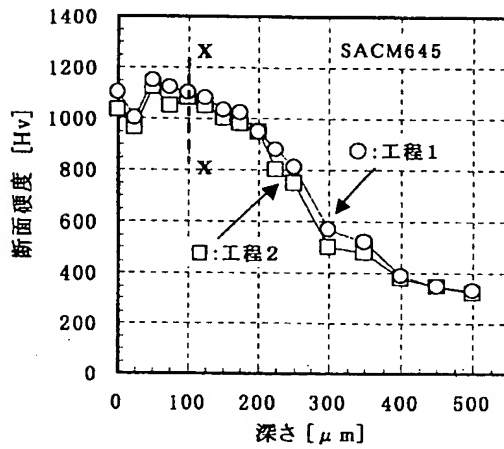
23 除去厚み

200 シャフト素材

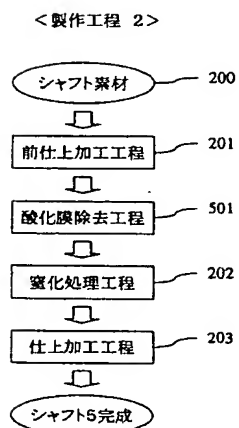
【図1】



【図3】

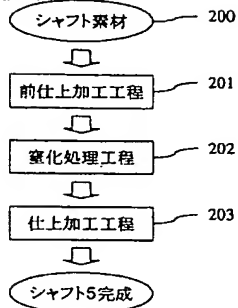


【図5】



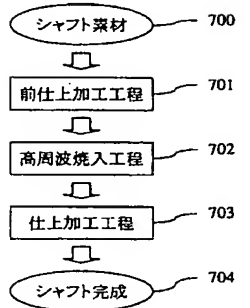
【図2】

<製作工程 1>

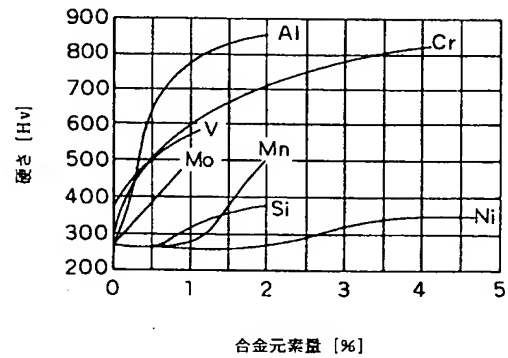


【図7】

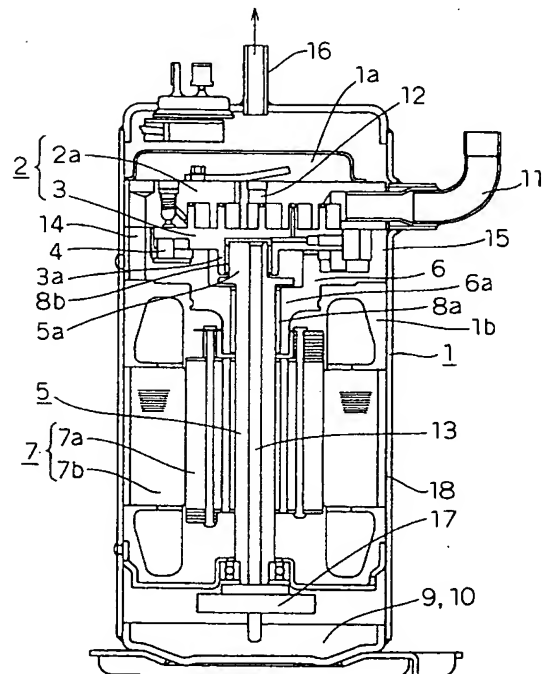
<製作工程(従来)>



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 松尾 光晴
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 福原 弘之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 岡 秀人
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F ターム(参考) 3H003 AA05 AB03 AC03 AD01 CA01
3H029 AA02 AA14 AB03 BB31 BB44
CC08 CC16 CC38
3H039 AA03 AA06 AA12 BB04 BB05
BB07 CC10 CC12 CC36